

ШЛЕЙФОВІ І КІЛЬЦЕВІ МІКРОСМУЖКОВІ РЕЗОНАТОРИ НВЧ З МІКРОМЕХАНІЧНИМ ПЕРЕЛАШТОВУВАННЯМ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ

Сергієнко П. Ю.; Прокопенко Ю. В., к.т.н., доцент;

Поплавко Ю. М., д. ф.-м. н., професор

Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна

Мікросмужкові лінії належать до найбільш вживаних пристроїв НВЧ на сьогоднішній день. Багато пасивних компонентів, таких як фільтри і фазообертачі мають у своїй конструкції мікросмужкові резонатори і однорідні лінії передач для зв'язку резонаторів між собою. Сучасні телекомунікаційні технології, з кожним роком покривають все більші частотні діапазони. Тому резонатори з перелаштовуваними частотними діапазонами є перспективним рішенням для зменшення вартості і масо-габаритних параметрів телекомунікаційних пристроїв.

Для перелаштування резонансної частоти часто використовують зосереджені компоненти, такі як варактори [1] та р-і-п діоди [2]. Також можливе механічне перелаштування резонансної частоти за рахунок зміни фізичних розмірів резонаторів, котре реалізується за допомогою МЕМС [3]. Мікромеханічне перелаштування резонансної частоти має ряд переваг, перед вищезгаданими методами. Серед них можна виділити: безперервне перелаштування в широкому діапазоні робочих частот, елементи перелаштування не вносять додаткових втрат і не погіршують добротність резонаторів, можливість підвищення термостабільності конструкцій в порівнянні з напівпровідниковими елементами перелаштування.

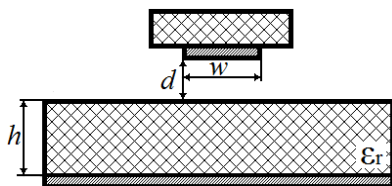


Рисунок 1. Однорідна мікросмужкова лінія з мікромеханічним перелаштуванням резонансної частоти

Основна ідея мікромеханічного перелаштування полягає в зміні ефективної діелектричної проникності лінії передачі, в результаті внесення повітряного проміжку між сигнальним електродом та підкладкою (рис. 1). Оскільки повітряний проміжок розташований перпендикулярно

силовим лініям електричного поля, то виникає сильне збурення електромагнітного поля, що призводить до значної зміни ефективної діелектричної проникності [4].

Верифікація розрахункових даних отриманих методом кінцевих елементів (МКЕ) і методом кінцевих інтегралів (МКІ) проводилася шляхом вимірювання резонансної частоти зразків шлейфового і кільцевого резонаторів, представлених на рис.2. На фотографіях знизу представлені діелектрики з низьким значенням діелектричної проникності (Arlon Cu 217LX $\epsilon = 2,17$), на які нанесені рухливі частини резонаторів. Переміщення діелект-

рика з нанесеною на нього рухливою частиною резонатора, контролюється мікрометричним гвинтом, який здатен реєструвати механічні переміщення з точністю до 1 мкм.

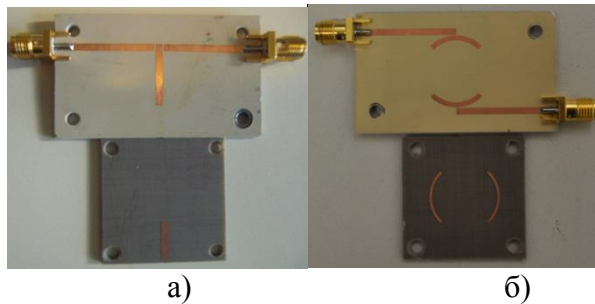


Рисунок 2. Фотографії експериментальних зразків шлейфового (а) та кільцевого (б) резонаторів

9,8, вистою 1.6 мм та тангенсом кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta = 0.002$.

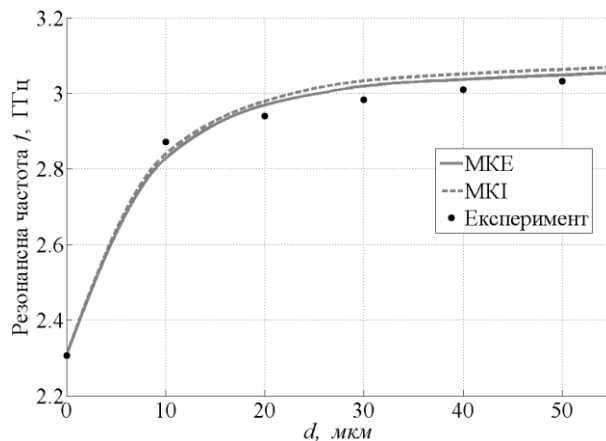


Рисунок 3. Залежності резонансної частоти шлейфового резонатора від нормованих значень повітряного проміжку

Підкладка нерухомої частини шлейфового резонатора виконана з матеріалу *Rogers RT/duroid 6010.2LM* з діелектричною проникністю $\epsilon = 10,2$, вистою 1.91 мм та тангенсом кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta = 0.0023$. В свою чергу підкладка нерухомої частини кільцевого резонатора виконана з матеріалу *Rogers TMM 10i* з діелектричною проникністю $\epsilon =$

Залежності резонансної частоти шлейфового резонатора від величини повітряного проміжку d представлені на рис.3, а залежності для кільцевого резонатора на рис.4. Як видно, найсуттєвіша зміна резонансної частоти відбувається при зміні повітряного проміжку від нуля до декількох десятків мікрметрів. Такі мікроскопічні зміщення сигнального електроду призводять до перелаштування резонансної частоти на декілька десятків відсотків і дозволяють застосовувати для

електромеханічного перелаштування МЕМС та п'єзоелектричні актюатори. Слід зазначити, що інтервал переміщень сигнального електроду, що забезпечує перелаштування резонансної частоти в необхідному діапазоні, зменшуються при зменшенні висоти та збільшенні діелектричної проникності матеріалу підкладки.

При відриві сигнального електроду від поверхні діелектричної підкладки відбувається перерозподіл енергії електромагнітного поля при якому зростає частка енергії, накопиченої в повітряному проміжку, що призводить до зниження дисипативних втрат у діелектрику. Такий перерозподіл електромагнітного поля також призводить до зменшення дисипативних втрат у сигнальному електроді. Обидва чинники збільшують власну добротність резонатора, що підтверджено теоретичними розрахунками та експериментальними даними.

Таким чином, запропонований метод дозволяє перелаштовувати резонансі частоти мікросмужкових шлейфового і кільцевого резонаторів на десятки процентів, при мікромеханічних переміщеннях сигнального електроду, не тільки не погіршуючи власної добротності резонатора, але й збільшуючи її на десятки відсотків.

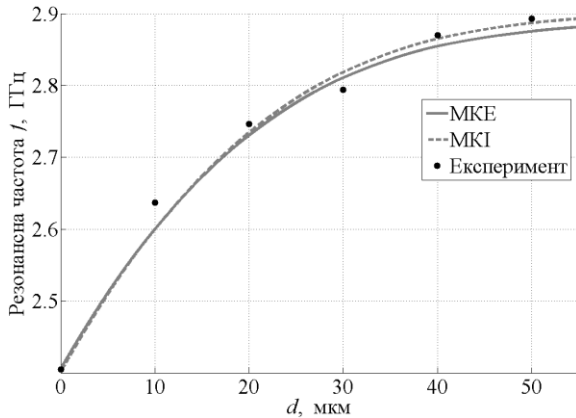


Рисунок 4. Залежності резонансної частоти кільцевого резонатора від нормованих значень повітряного проміжку

Література

1. Boutejdar A. A new design of a tunable WLAN-band pass filter using a combination of varactor device, RF-choke and Hairpin-Defected Ground Structure / A. Boutejdar, A. Omar, M. Senst, E. P. Burte, A. Batmanov, R. Mikuta // 41st European Microwave Conference (EUMC). — 2011. — P. 1067—1070.

2. Lan Yao. Tunable Microstrip Ring Bandpass Filter / Lan Yao, Wei Hong, Ke Wu // China-Japan Joint Microwave Conference Proceedings (CJMW). — 2011. — P. 1—3.

3. Pillans B. W. A Family of MEMS Tunable Filters for Advanced RF Applications / B.W. Pillans, A. Malczewski, F. J. Morris,

R. A. Newstrom // IEEE MTT-S International Microwave Digest Symposium. — 2011.

4. Прокопенко Ю. В. Пределы управляемости диэлектрической неоднородности, расположенной между металлическими плоскостями / Ю. В. Прокопенко // Технология и конструирование в электронной аппаратуре — 2012. — № 6. — С. 16—20. — Бібліогр.: 4 назв. — рос.

Анотація

Представлено шлейфовий і кільцевий мікросмужні резонатори з мікромеханічним перелаштуванням. Показані основні відмінності від існуючих методів перелаштування резонансної частоти. Приведені розрахункові та експериментальні залежності резонансної частоти резонаторів від величини повітряного проміжку.

Ключові слова: мікромеханічне перелаштування резонансної частоти, мікросмужні резонатори, шлейфовий резонатор, кільцевий резонатор.

Аннотация

Представлены шлейфовый и кольцевой резонаторы с микромеханическим управлением. Показаны основные отличия от существующих методов перестройки резонансной частоты. Приведены расчетные и экспериментальные зависимости резонансной частоты резонаторов от величины воздушного зазора.

Ключевые слова: микромеханическая перестройка резонансной частоты, микрополосковые резонаторы, шлейфовый резонатор, кольцевой резонатор.

Abstract

Stub and ring resonators with resonance frequency micromechanical tuning are presented. The main differences from existing resonance frequency tuning methods are shown. Calculated and experimental dependences of resonators resonance frequency on air gap value are given.

Keywords: resonance frequency micromechanical tuning, microstrip resonators, stub resonator, ring resonator.